RESEARCH HIGHLIGHT

June 2005

Technical Series 05-102

DEVELOPMENT OF MICRO-CHP TECHNOLOGY ASSESSMENT CAPABILITY AT CCHT

INTRODUCTION

Recent events such as rolling brownouts in California and the blackout in eastern North America in August 2003 have raised homeowner interest in small, alternative power generation. Evolving combined heat and power (CHP) systems, such as Stirling engines and fuel cells, range from 1 kW to 10 kW. They offer opportunities for heat recovery from waste heat to provide hot water and space heating. These systems may be one way of providing backup power to grid-connected houses or primary power to remote communities where connecting to the grid is not cost efficient.

Several Canadian companies are leaders in developing fuel cells for residential CHP systems. As these promising new CHP systems advance through laboratory tests, it is important to test them in controlled, real-world situations.

Anticipating this, the Canadian Centre for Housing Technology (CCHT)[1] decided to make its twin-house research facility "CHP ready." By doing so, CCHT hopes to provide a test facility unmatched in the world for Canadian manufacturers of residential fuel cells and other residential CHP systems and give them significant competitive advantage in the global marketplace.

CCHT also hopes to provide gas and electric utilities with a facility where they can evaluate residential CHP performance to assess possible impact on energy budgets and utility distribution systems.

The project's objectives included:

- to develop and demonstrate a test facility at CCHT that can assess residential CHP systems and their integration into houses in real-world conditions.
- to quantify the performance of one early residential CHP system and examine building integration issues.
- to collect information and develop experience in installing, commissioning, monitoring and analysing the performance of residential co-generation systems.

RESEARCH PROGRAM

In early 2003, Natural Resources Canada (NRCan), the National Research Council Canada (NRC) and Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) started the project.

The CHP unit chosen to adapt and test the CCHT facility was a natural gas fuelled Stirling engine. This prototype unit had a thermal output of 6.5 kW and was controlled according to the heat demand of the Test House while producing a gross electrical output of up to 700 W as a by-product.

---

[1] The Canadian Centre for Housing Technology is jointly operated by the National Research Council, Natural Resources Canada and Canada Mortgage and Housing Corporation. This research and demonstration facility features two highly instrumented, identical R-2000 homes with simulated occupancy to evaluate the whole-house performance of new technologies in side-by-side testing.
For more information about the CCHT facilities, please visit http://www.ccht-cctr.gc.ca.

Canada

CMHC SCHL
HOME TO CANADIANS

In order to integrate the CHP unit, the following modifications were designed and implemented in the Test House:

- Electrical modifications so the CHP generator could provide electricity to both the house and the power grid when house loads were less than the CHP electrical output. Added components included: additional wiring, bi-directional meters, safety switches and power quality meters (see Figure 1 for a schematic).
- Design and installation of the heat management and storage system to collect, store and use heat from the CHP to meet the house space- and water-heating loads. Components included a hot-water storage tank, a hot-water heater, an air handler, pumps, piping and controls (see Figure 2 for a schematic).

The Stirling engine was installed in the Test House basement and ran for 39 individual runs, each lasting one to two days, between March 13 and June 10, 2003. For each run, the CHP unit and house were closely monitored, and energy balances and system efficiencies were calculated.

FINDINGS

- The overall performance of the CHP system compared favourably with the efficiency of domestic combination space and water heaters fired by natural gas.
- Total efficiency of the CHP unit was 82 per cent, with an average 6 per cent of inputs going to electricity generation and 76 per cent going to heating.
- The heat storage and distribution system designed for this demonstration averaged 57 per cent efficiency—better optimization of the heat management and storage system may be needed to reduce standby heat losses

Some of the issues addressed but not necessarily resolved included:

- Variability in acceptance of the concept of feeding electricity back to the grid on a micro level by local utilities across Canada.
- The cost of electrical modifications to a house (estimated to be $2,000 to $3,000).
- The need in the Canadian Electrical Code for an "external, weatherproof, lockable disconnect."
- The cost of the CHP unit itself—current models (late 2004) cost approximately $7,500 US.
- Issues relating to reliability, durability, and value of the electricity generated.
- Following shutdown, the long warm-up period required before the CHP unit can resume generating electricity—about 30 minutes.
- The design and control of heat storage and distribution to minimize shutdown of the CHP and maximize the overall efficiency.
- The role of a heat-driven CHP unit in the summer, when the thermal load is small and heat losses to a house are relatively high.
- Whether or not a backup burner (in the form of a water heater in this project) was needed to address all space- and water-heating loads of the house.

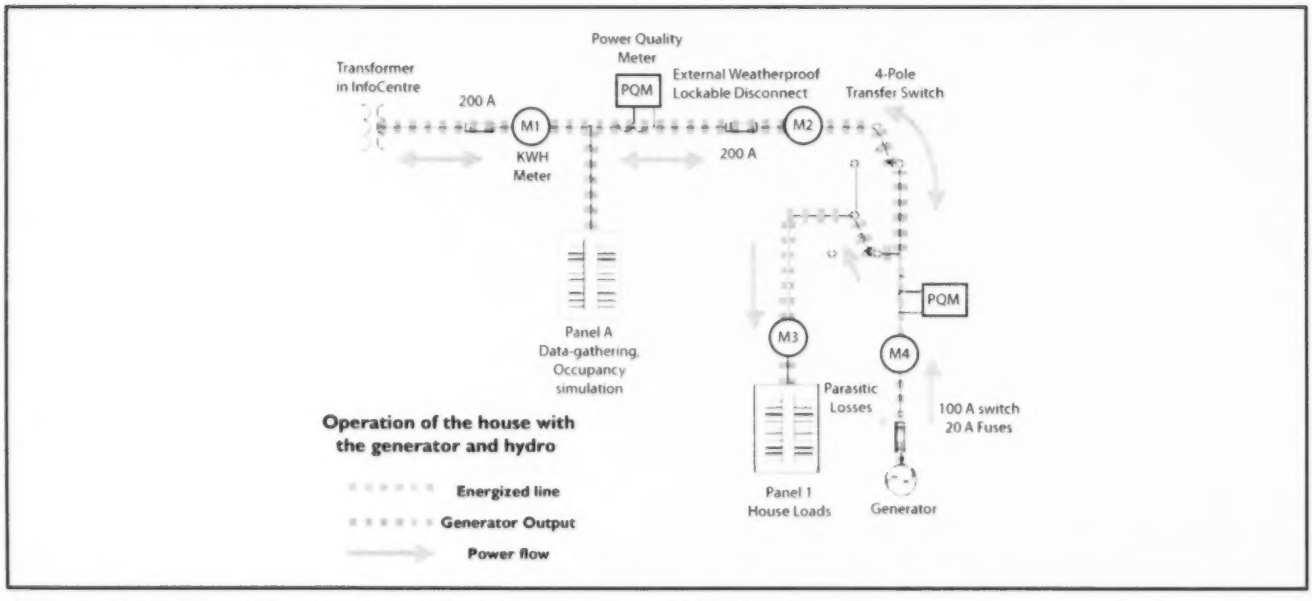

Figure 1—Schematic of the upgraded wiring and metering in the CCHT houses

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS FOR THE HOUSING INDUSTRY

106-03207/

Although the Stirling engine CHP unit was installed with the primary purpose of demonstrating the test facility, its performance throughout the demonstration showed promise and merits follow-up work.

Through this project, a wealth of information and experience was developed in installation, commissioning, monitoring and analysing the performance of residential co-generation systems. With the modifications to its electrical and thermal installations, combined with the monitoring and data analysis techniques demonstrated in this project, the CCHT facility now has a proven track record that clearly demonstrates that it is ready to test a range of combined heat and power systems in residential applications and can deliver very useful performance information on the CHP unit.

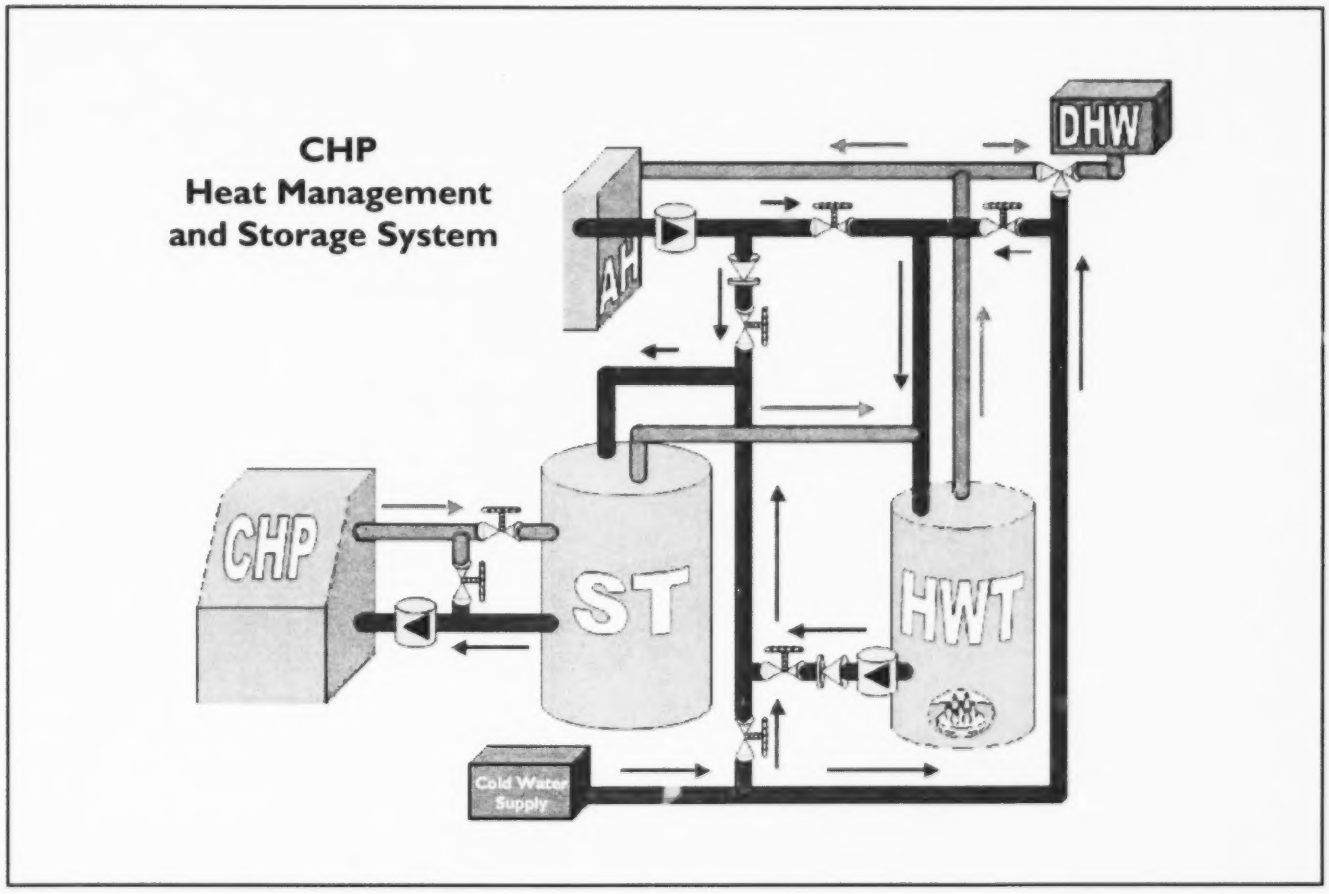

Figure 2—Schematic of the heat management and storage system

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS FOR THE HOUSING INDUSTRY

106-03207/

Although the Stirling engine CHP unit was installed with the primary purpose of demonstrating the test facility, its performance throughout the demonstration showed promise and merits follow-up work.

Through this project, a wealth of information and experience was developed in installation, commissioning, monitoring and analysing the performance of residential co-generation systems. With the modifications to its electrical and thermal installations, combined with the monitoring and data analysis techniques demonstrated in this project, the CCHT facility now has a proven track record that clearly demonstrates that it is ready to test a range of combined heat and power systems in residential applications and can deliver very useful performance information on the CHP unit.

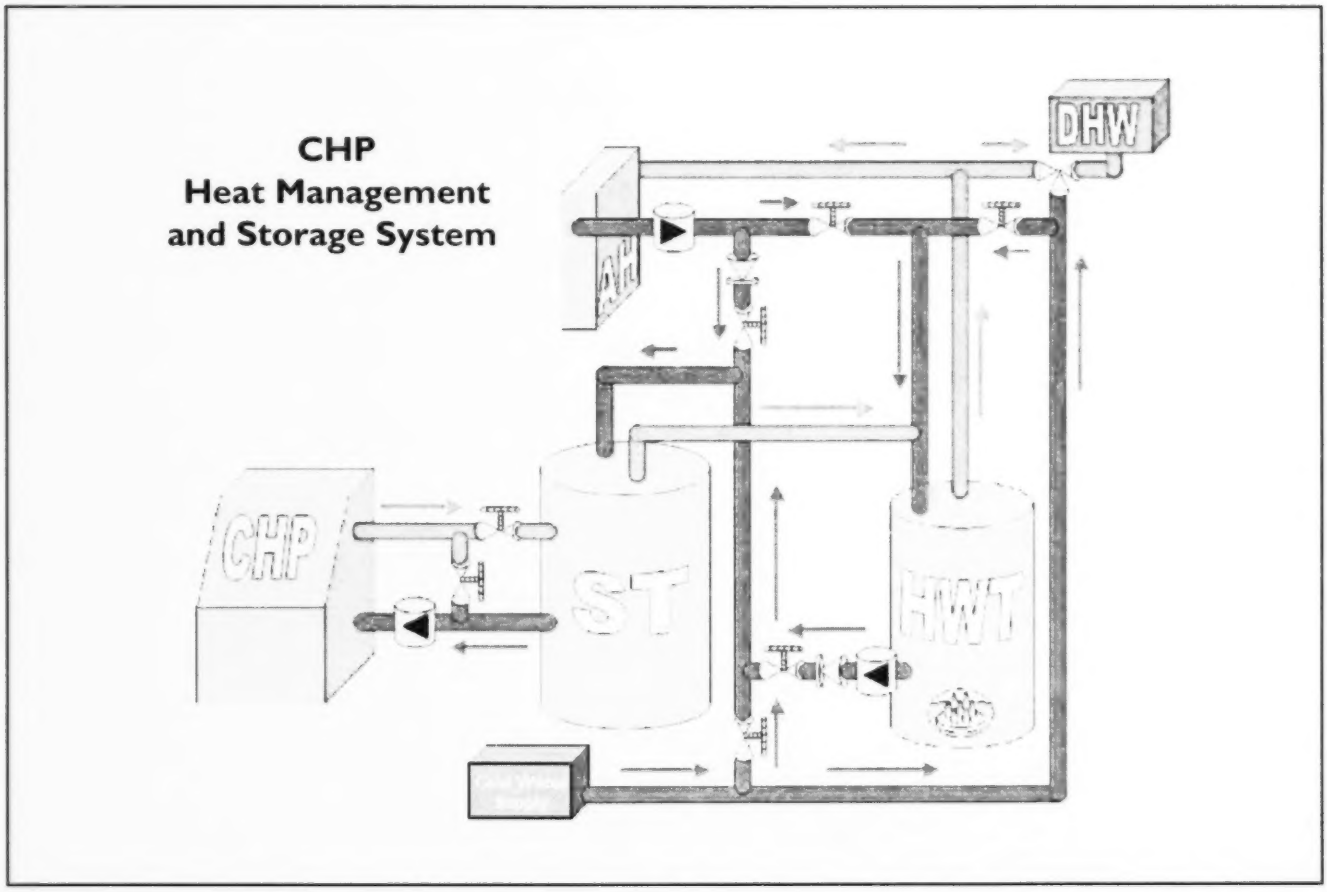

Figure 2—Schematic of the heat management and storage system

The Canadian Centre for Housing Technology

Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), The National Research Council (NRC) and Natural Resources Canada (NRCan) jointly operate the Canadian Centre for Housing Technology (CCHT).

CCHT is a unique research, testing and demonstration resource for innovative technology in housing. CCHT's mission is to accelerate the development of new housing technologies and their acceptance in the marketplace.

CCHT operates a Twin-House Research Facility, which offers an intensively monitored, real-world environment. Each of the two identical, two-storey houses has a full basement. The houses, 223 m^2 (2,400 sq. ft.) each, are built to R-2000 standards.

For more information about the CCHT Twin-House Research Facility and other CCHT capabilities, visit http://www.ccht-cctr.gc.ca.

Primary researcher: Marianne Mike Bell, Natural Resources Canada, Mike Swinton, National Research Council Canada

CMHC representative on the CCHT Technical Research Committee: Ken Ruest

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

To find more *Research Highlights* plus a wide variety of information products, visit our Web site at

www.cmhc.ca

or contact:

Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Phone: 1 800 668-2642
Fax: 1 800 245-9274

©2005, Canada Mortgage and Housing Corporation
Printed in Canada
Produced by CMHC 03-05-08

OUR WEB SITE ADDRESS: www.cmhc.ca

Although this information product reflects housing experts' current knowledge, it is provided for general information purposes only. Any reliance or action taken based on the information, materials and techniques described are the responsibility of the user. Readers are advised to consult appropriate professional resources to determine what is safe and suitable in their particular case. Canada Mortgage and Housing Corporation assumes no responsibility for any consequence arising from use of the information, materials and techniques described.

63838

LE POINT EN RECHERCHE

Juin 2005

Série technique 05-102

ÉVALUATION DES CAPACITÉS DE LA MICROGÉNÉRATION AU CCTR

INTRODUCTION

De récents événements comme les pannes d'électricité localisées en Californie et les pannes généralisées qui ont paralysé l'est de l'Amérique du Nord, en août 2003, ont suscité l'intérêt des propriétaires-occupants pour les petits dispositifs non traditionnels de production d'énergie. L'évolution de systèmes de cogénération de chaleur et d'électricité, comme les moteurs Stirling et les piles à combustible, permet d'obtenir une puissance variant entre 1 kW et 10 kW. Ces systèmes permettent de récupérer la chaleur résiduelle afin de chauffer l'eau domestique et les locaux. Ils pourraient donc être utilisés pour fournir une alimentation de secours aux maisons raccordées au réseau public d'électricité, ou comme source d'énergie principale pour les habitations situées en région éloignée lorsque le raccordement au réseau n'est pas économique.

Plusieurs entreprises canadiennes sont à la fine pointe du développement des piles à combustible pour les systèmes de cogénération résidentiels. À mesure que ces systèmes prometteurs franchissent les étapes des essais en laboratoire, il est important de les tester en situation réelle, mais contrôlée.

C'est dans cette perspective que le Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR)[1] a décidé de modifier ses deux maisons de recherche pour pouvoir tester ces systèmes de cogénération. Ce faisant, le CCTR espère pouvoir offrir une installation d'essai unique au monde aux fabricants canadiens de piles à combustible résidentielles et d'autres systèmes de cogénération domestiques, ce qui pourrait leur conférer un avantage concurrentiel considérable sur les marchés mondiaux.

Le CCTR espère aussi mettre à la disposition des entreprises de services publics de gaz et d'électricité une installation où elles pourraient évaluer le rendement des systèmes de cogénération résidentielle afin d'en déterminer l'incidence éventuelle sur les budgets affectés à l'énergie et sur les réseaux de distribution des services publics.

L'initiative avait entre autres pour objectifs :

- de mettre sur pied et de démontrer une installation d'essais au CCTR qui serait en mesure d'évaluer les systèmes de cogénération résidentiels de même que leur intégration au sein d'une maison dans des conditions réelles;
- de quantifier la performance d'un système de cogénération résidentiel de la première heure et d'examiner les problèmes liés à son intégration à un bâtiment;
- de recueillir de l'information et d'accumuler de l'expérience en installant, en mettant en service, et en surveillant des systèmes de cogénération résidentiels tout en analysant leur performance.

PROGRAMME DE RECHERCHE

L'initiative a été mise en route au début de 2003 par Ressources naturelles Canada (RNCan), le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL).

Le système de cogénération choisi pour être intégré et testé dans les installations du CCTR est un moteur Stirling fonctionnant au gaz naturel. Ce prototype développe une puissance thermique de 6,5 kW et est commandé par la demande de chaleur de la maison d'essai en produisant une puissance électrique brute secondaire pouvant atteindre 700 W.

---

[1] Le CCTR est exploité collectivement par le Conseil national des recherches, du Canada, Ressources naturelles Canada et la Société canadienne d'hypothèques et de logement. Cette installation de recherche et de démonstration est pour vue de deux maisons identiques R-2000, équipées de multiples capteurs, où on simule l'occupation afin d'évaluer la performance globale de nouvelles technologies dans des essais côte à côte. Pour plus de renseignements sur les installations du CCTR, veuillez consulter le site Web http://www.ccht-cctr.gc.ca

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Afin d'intégrer le système de cogénération, il a fallu apporter les modifications suivantes à la maison d'essai :

- Modification des installations électriques de telle sorte que la génératrice du système de cogénération puisse fournir de l'électricité à la maison et au réseau public lorsque les besoins de la maison sont moindres que l'énergie électrique produite par la cogénération. Les composants suivants ont été ajoutés : câblage, compteurs bidirectionnels, interrupteurs de sécurité et appareils de mesure de la qualité de la puissance électrique (voir le schéma de la figure 1).
- Conception et installation du système de gestion et de stockage de la chaleur afin de recueillir, emmagasiner et utiliser la chaleur produite par cogénération pour chauffer les locaux et l'eau de la maison. Les composants incluent un réservoir à eau chaude, un chauffe-eau, une unité de circulation de l'air, des pompes, des tuyaux et des commandes (voir le schéma de la figure 2).

Le moteur Stirling a été installé dans le sous-sol de la maison d'essai et a été mis en marche à 39 reprises, chaque fois pendant une journée ou deux, entre le 13 mars et le 10 juin 2003.
À chaque reprise, les chercheurs ont surveillé de près le système de cogénération et la maison, et ils ont calculé le bilan énergétique ainsi que l'efficacité du système.

RÉSULTATS

- La performance générale du système de cogénération se compare favorablement à l'efficacité des appareils de chauffage domestiques de l'eau et des locaux alimentés au gaz naturel.
- L'efficacité totale du dispositif de cogénération a atteint 82 %, 6 %, en moyenne, de la dépense d'énergie étant affectée à la production d'électricité et 76 % servant à la production de chaleur.
- Le système de stockage et de distribution de la chaleur conçu pour cette démonstration a atteint une efficacité moyenne de 57 % (une meilleure optimisation de la gestion et du stockage de la chaleur pourrait s'avérer nécessaire afin de réduire les pertes de chaleur par les parois).

Certains problèmes abordés n'ont pas nécessairement été résolus, tels que :

- l'acceptation variable, par les services publics locaux au Canada, du concept selon lequel l'électricité excédentaire est retournée au réseau public à petite échelle;
- le coût des modifications apportées aux installations électriques d'une maison (évaluées à entre 2 000 et 3 000 $);
- l'exigence du Code canadien de l'électricité concernant la présence d'un dispositif de sectionnement externe, verrouillable et à l'épreuve des intempéries;
- le coût du dispositif de cogénération comme tel — les modèles offerts à la fin de 2004 coûtaient environ 7 500 $US;

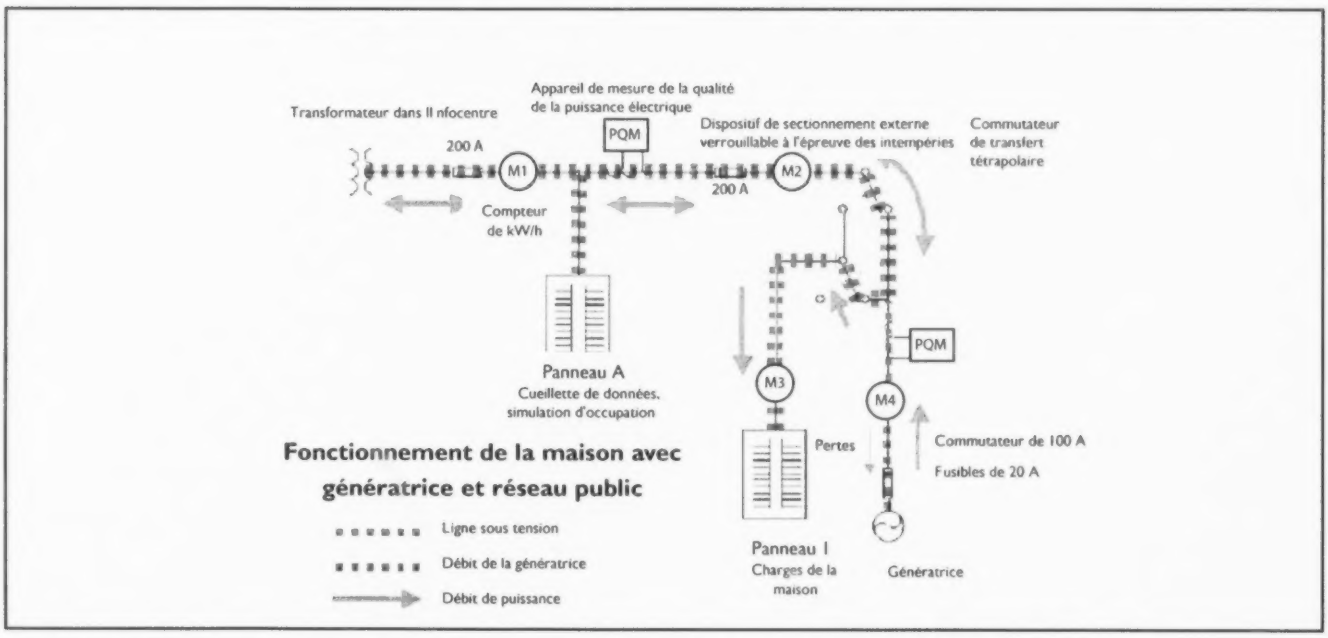

Figure 1—Schéma du câblage amélioré et des compteurs ajoutés dans les maisons du CCTR

- les préoccupations concernant la fiabilité, la durabilité et la valeur de l'électricité produite;
- le long temps de préchauffage requis à la suite d'une mise hors service pour que le dispositif de cogénération puisse reprendre la production d'électricité, soit environ 30 minutes;
- la conception et le contrôle du stockage et de la distribution de la chaleur pour réduire au minimum le nombre de mises hors service de la cogénération et ainsi maximiser l'efficacité globale;
- le rôle de l'installation de cogénération actionnée par la chaleur en été, lorsque la charge thermique est faible et que la chaleur dégagée à l'intérieur est relativement élevée.
- le fait de savoir si un appareil de chauffage de secours (un chauffe-eau dans le cadre de cette étude) était requis pour combler tous les besoins de la maison en matière de chauffage de l'eau et des locaux.

CONCLUSIONS ET CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DE L HABITATION

Bien que le moteur Stirling du système de cogénération ait été mis en place dans le but premier de faire la démonstration de l'installation d'essais, sa performance tout au long de la démonstration s'est avérée prometteuse et vaut la peine d'être poussée plus loin.

Tout au long des travaux, une mine de renseignements et d'expériences a pu être acquise en ce qui concerne l'installation, la mise en service, la surveillance et l'analyse de la performance des systèmes de cogénération en milieu résidentiel. Grâce aux modifications apportées à ses installations électriques et thermiques, aux techniques de surveillance et d'analyse des données démontrées dans le cadre de cette étude, les maisons d'essai du CCTR montrent bien qu'elles sont maintenant en mesure de mettre à l'essai un éventail de systèmes combinés de production de chaleur et d'électricité en application résidentielle et qu'elles peuvent fournir des données de performance très utiles sur l'installation de cogénération.

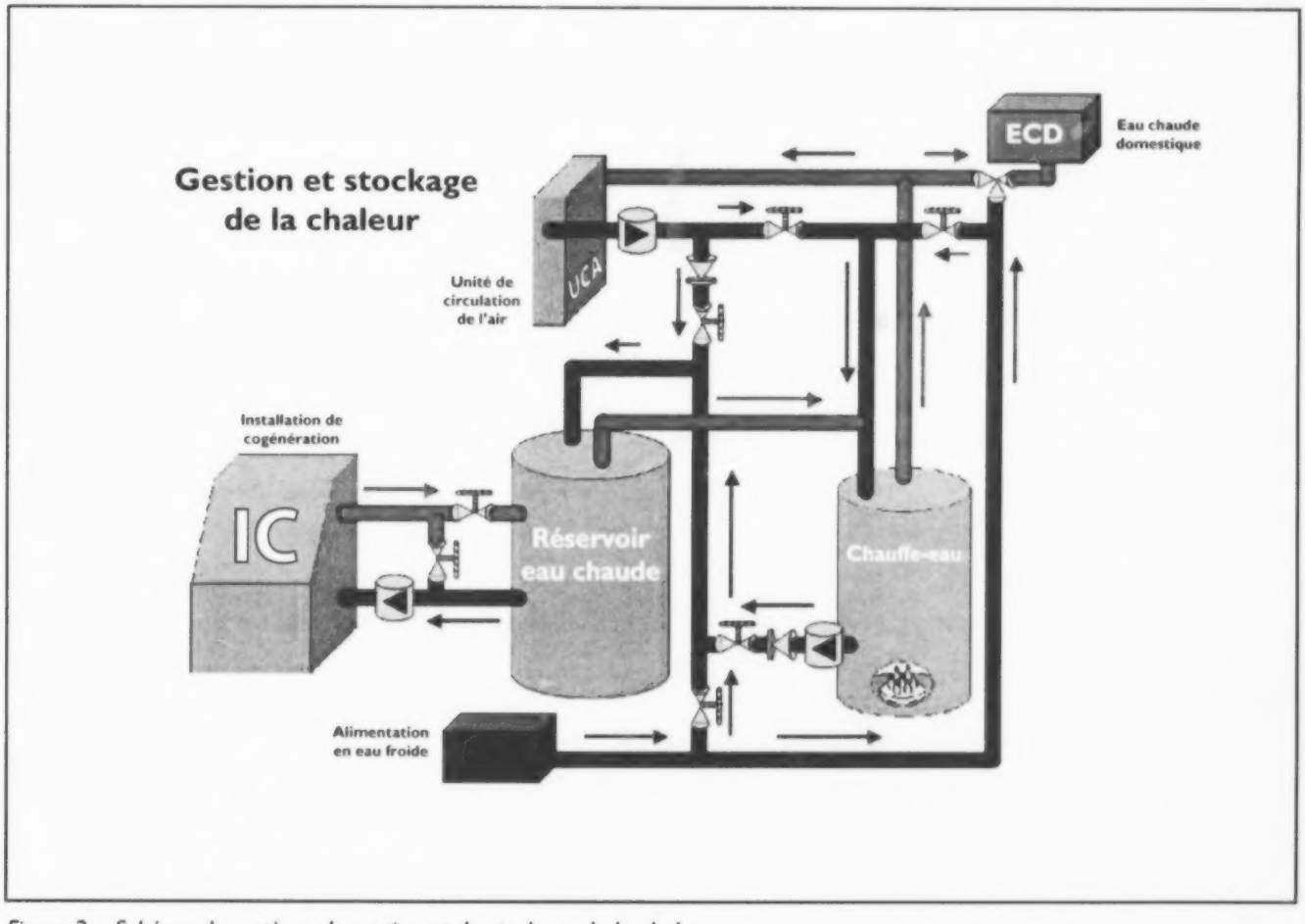

Figure 2—Schéma du système de gestion et de stockage de la chaleur

- les préoccupations concernant la fiabilité, la durabilité et la valeur de l'électricité produite;
- le long temps de préchauffage requis à la suite d'une mise hors service pour que le dispositif de cogénération puisse reprendre la production d'électricité, soit environ 30 minutes;
- la conception et le contrôle du stockage et de la distribution de la chaleur pour réduire au minimum le nombre de mises hors service de la cogénération et ainsi maximiser l'efficacité globale;
- le rôle de l'installation de cogénération actionnée par la chaleur en été, lorsque la charge thermique est faible et que la chaleur dégagée à l'intérieur est relativement élevée.
- le fait de savoir si un appareil de chauffage de secours (un chauffe-eau dans le cadre de cette étude) était requis pour combler tous les besoins de la maison en matière de chauffage de l'eau et des locaux.

CONCLUSIONS ET CONSÉQUENCES POUR LE SECTEUR DE L HABITATION

Bien que le moteur Stirling du système de cogénération ait été mis en place dans le but premier de faire la démonstration de l'installation d'essais, sa performance tout au long de la démonstration s'est avérée prometteuse et vaut la peine d'être poussée plus loin.

Tout au long des travaux, une mine de renseignements et d'expériences a pu être acquise en ce qui concerne l'installation, la mise en service, la surveillance et l'analyse de la performance des systèmes de cogénération en milieu résidentiel. Grâce aux modifications apportées à ses installations électriques et thermiques, aux techniques de surveillance et d'analyse des données démontrées dans le cadre de cette étude, les maisons d'essai du CCTR montrent bien qu'elles sont maintenant en mesure de mettre à l'essai un éventail de systèmes combinés de production de chaleur et d'électricité en application résidentielle et qu'elles peuvent fournir des données de performance très utiles sur l'installation de cogénération.

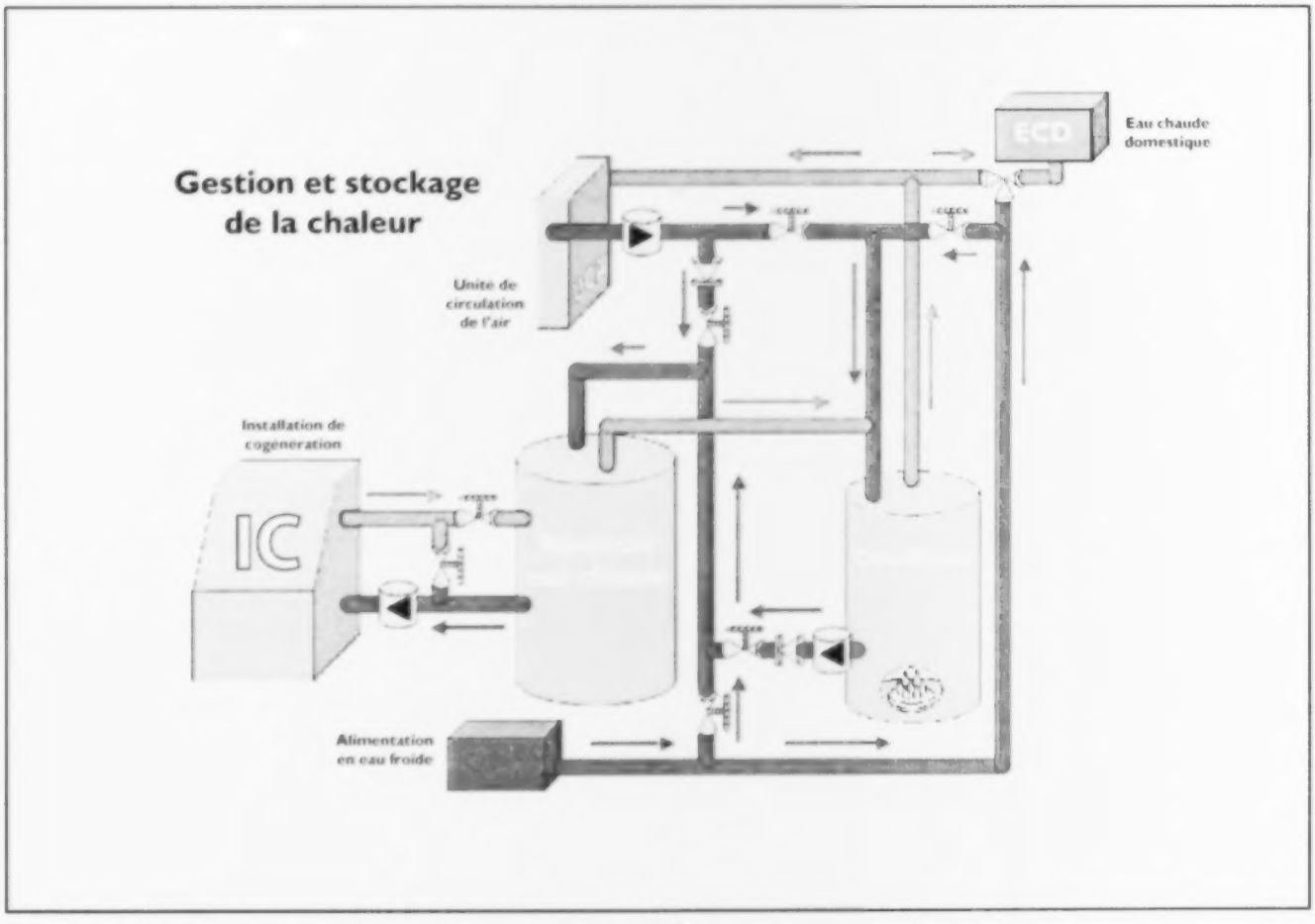

Figure 2—Schéma du système de gestion et de stockage de la chaleur

Le Centre canadien des technologies résidentielles

Le Centre canadien des technologies résidentielles (CCTR) est exploité collectivement par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et Ressources naturelles Canada (RNCan).

Le CCTR est une installation unique vouée à la recherche, la mise à l'essai et la démonstration de technologies novatrices dans le domaine de l'habitation. Il a pour mission d'accélérer le développement de nouvelles technologies résidentielles et de favoriser leur acceptation sur le marché.

Le CCTR comporte deux maisons jumelles où il est possible de procéder à des contrôles intensifs in situ. Les deux maisons, de deux étages, ont un sous-sol pleine grandeur, une superficie de 223 m^2 (2 400 pi^2) et sont construites conformément aux exigences de la norme R-2000.

Pour en savoir davantage sur les installations de recherche du CCTR et ses autres ressources, visitez le site http://www.ccht-cctr.gc.ca

Directeurs de projet : Mike Bell, Ressources naturelles Canada, Mike Swinton, Conseil national de recherches du Canada

Représentant de la SCHL au comité de recherche technique du CCTR : Ken Ruest

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

©2005, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 03-05-08

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

63839